



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 4月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-115013

出 願 人

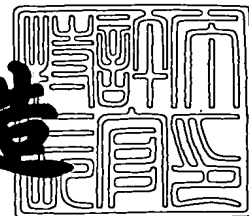
Applicant(s):

株式会社荏原製作所

2001年 8月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3070901

【書類名】 特許願

【整理番号】 002915

【提出日】 平成13年 4月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式
会社内

【氏名】 中筋 護

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 野路 伸治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及びその電子線装置を用いたデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一次電子線を発生し、集束して試料上に走査させて照射させ、前記試料の電子線照射部分から放出された二次電子を検出器で検出する光学系を複数個備えた電子線装置において、

前記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加装置と、

前記試料に依存して最適なりターディング電圧を前記試料に印加する機能と、を備え、

前記光学系は、一体の絶縁物を加工し、表面に金属コーティングして軸対称レンズとした少なくとも一つの軸対称レンズを備えることを特徴とする電子線装置

。【請求項 2】 一次電子線を発生し、集束して試料上に走査させて照射する一次光学系を有し、前記試料の電子線照射部分から放出された二次電子を加速し、 $E \times B$ 分離器で前記一次光学系から分離して検出器で検出する電子線装置において、

前記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加装置と、

前記試料のチャージアップ状態を調査するチャージアップ調査機能と、

前記チャージアップ調査機能からのチャージアップ状態に関する情報に基づいて最適なりターディング電圧を決定し、それを前記試料に印加する機能又は最適なビーム電流に変更する機能と、

を備えることを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】 電子線を試料に照射する光学系と、チャージアップ調査機能とを有し、前記チャージアップ調査機能は、前記試料に一次電子線が照射されて発生した二次電子を検出して画像を形成したとき、前記試料の特定部分のパターン歪み或いはパターンボケを評価し、その結果パターン歪み或いはパターンボケが大きい場合をチャージアップが大きいと評価する事を特徴とする電子線装置。

【請求項4】 請求項3に記載の電子線装置において、前記チャージアップ調査機能は、試料に値が可変のリターディング電圧を印加可能であり、少なくとも二つのリターディング電圧を印加した状態で、試料のパターン密度が大きく変化している境界付近の画像形成を行い、上記画像をオペレータがパターン歪み或いはパターンボケを評価可能なように表示する装置を有することを特徴とする電子線装置。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の電子線装置を用いてプロセス途中或いは終了後のウエハの評価を行うことを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、試料の表面に形成されたパターン等を評価する電子線装置及びその電子線装置を用いてプロセス途中又は終了後の試料の評価を行うデバイス製造方法に関し、詳しくは、最小線幅0.1 μm 以下のパターンを有する、試料上のデバイス等の欠陥検査、CD測定、電位コントラストの測定、高時間分解電位測定等の評価を高いスループットでかつ高い信頼性のもとで行える電子線装置及びそのような電子線装置を用いてプロセス途中又は終了後の試料の評価を行うデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】

絶縁材料を含む試料を観察、評価する装置には種々の技術が報告されている。このような技術の中で、走査電子顕微鏡について言えば、一次ビームのビーム電流、試料への吸収電流、照射装置からの反射電子量、二次電子放出量等を測定してチャージアップ状態を評価するチャージアップ検知機能を有する装置が公知である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のごとき従来の走査電子顕微鏡では細い電子線すなわちビ

ームで試料表面を走査するため、大面積を有する試料を評価するとスループットが大幅に低下する問題があった。

また、前記公知のチャージアップ検知機能では、各種電流を高い時間分解能で測定する必要があり、チャージアップの状態をかならずしも正しく検出できなかった。

【 0 0 0 4 】

本発明は上記の問題点に鑑みなされたものであって、発明が解決しようとする一つの課題は、光学系のレンズの構造を改良することによって光学系をコンパクト化を図った電子線装置を提供することである。

本発明が解決しようとする他の課題は、スループットを向上させると共に、チャージアップ検知機能を向上させて評価の信頼性を向上した電子線装置を提供することである。

本発明が解決しようとする更に別の課題は、上記のような電子線装置を用いてプロセス途中又は後の試料の評価を、高い製造歩留まりで行えるデバイスの製造方法を提供することである。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

本願の発明は、一次電子線を発生し、集束して試料上に走査させて照射させ、前記試料の電子線照射部分から放出された二次電子を検出器で検出する光学系を複数個備えた電子線装置において、前記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加装置と、前記試料に依存して最適なリターディング電圧を前記試料に印加する機能と、を備え、前記光学系は、一体の絶縁物を加工し、表面に金属コーティングして軸対称レンズとした少なくとも一つの軸対称レンズを備えて構成されている。

本願の他の発明は、一次電子線を発生し、集束して試料上に走査させて照射する一次光学系を有し、前記試料の電子線照射部分から放出された二次電子を加速し、E×B分離器で前記一次光学系から分離して検出器で検出する電子線装置において、前記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加装置と、前記試料のチャージアップ状態を調査するチャージアップ調査機能と

、前記チャージアップ調査機能からのチャージアップ状態に関する情報に基づいて最適なりターディング電圧を決定し、それを前記試料に印加する機能又は最適なビーム電流に変更する機能と、を備えて構成されている。

【0006】

本願の別の発明による電子線装置は、電子線を試料に照射する光学系と、チャージアップ調査機能とを有し、前記チャージアップ調査機能は、前記試料に一次電子線が照射されて発生した二次電子を検出して画像を形成したとき、前記試料の特定部分のパターン歪み或いはパターンボケを評価し、その結果パターン歪み或いはパターンボケが大きい場合をチャージアップが大きいと評価するように構成されている。

前記別の発明による電子線装置において、前記チャージアップ調査機能は、試料に値が可変のリターディング電圧を印加可能であり、少なくとも二つのリターディング電圧を印加した状態で、試料のパターン密度が大きく変化している境界付近の画像形成を行い、上記画像をオペレータがパターン歪み或いはパターンボケを評価可能なように表示する装置を有してもよい。

本願の更に別の発明は、上記の電子線装置を用いてプロセス途中のウエハの欠陥を検出する事を特徴とするデバイスの製造方法を提供することである。

【0007】

【実施の形態】

以下図面を参照して本発明による電子線装置の一つの実施の形態について説明する。

図1において、本発明による電子線装置の一つの実施形態が模式的に示されている。この電子線装置1は、一次電子光学系（以下単に一次光学系）10と、二次電子光学系（以下単に二次光学系）20と、検出系30とを備えている。一次光学系10は、電子ビームをウエハ等の評価対象（以下試料と呼ぶ）Sの表面に照射する光学系で、電子線すなわち電子ビームを放出する電子銃11と、電子銃11から放出された一次電子ビームを集束するコンデンサレンズ12と、E×B分離器15と、対物レンズ16とを備え、それらは、図1に示されるように配置されている。なお、14及び17は一次電子ビームを軸合わせする軸合わせ装置

、18は一次電子ビームを走査する偏向器であり、19は軸対称電極である。

【0008】

二次光学系20は一次光学系の光軸に関して傾斜した光軸に沿って配置されている。二次光学系は、この実施形態では備えていないが、少なくとも一つのレンズを備えていてもよい。検出系30は、検出器31と、検出器31に増幅器32を介して接続された画像形成部33とを備えている。試料Sは、XYステージ40上のホルダ41に公知の方法により着脱可能に支持され、そのXYステージ40により直交2軸方向（図1で左右方向及び紙面に垂直の方向）に移動可能に支持されている。

【0009】

電子線装置1は、更に、ホルダ41と電氣的に接続されたリターディング電圧印加装置（以下印加装置）50と、チャージアップ調査及びリターディング電圧決定システム（以下調査及び決定システム）60とを備えている。調査及び決定システム60は、画像形成部33に電氣的に接続されたモニター61と、モニター61に接続されたオペレータ62と、オペレータ62に接続されたCPU63とを備えている。CPU63は、前記印加装置50並びに偏向器17に信号を供給するようになっている。

【0010】

この実施形態において、コンデンサレンズ12と対物レンズ16は実質的に同じ構造になっているので、コンデンサレンズ12で代表して詳しく説明する。

静電軸対称レンズであるコンデンサレンズ12は、一体のセラミックスを削って軸方向断面が図1に示されるような形状につくられている。すなわち、コンデンサレンズ12は、セラミックス製の本体121を備えている。この本体121は中心部に円形穴122を画成するように平面形状が環状に形成され、内周側が、図3において上下方向（光軸に沿う方向）に隔てられた三つの板状部分123ないし125に仕切られている。セラミックス製本体121の外周、特に、板状部分123ないし125の周囲には金属のコーティング膜126ないし128が施されている。これらの、コーティング膜126ないし128はそれぞれ電極（上電極126、中間電極127及び下電極128）として機能し、コーティング

膜すなわち上及び下電極 1 2 6 及び 1 2 8 には接地側に近い電圧が印加され、真ん中のコーティング膜すなわち中間電極 1 2 7 には絶対値の大きい正又は負の高電圧が本体 1 2 1 に設けられた電極金具 1 2 9 によって印加され、それによってレンズの作用を行うようになっている。このようなレンズは、一体のセラミックスを削って同時に加工を行うため加工精度が良く、レンズ外径寸法を小さくできる。

【 0 0 1 1 】

上記実施形態の電子線装置ではレンズの外径寸法を小さくすることが可能になるので電子線装置を収納している鏡筒の外径寸法も小さくできる。したがって径の大きなウエハのような試料に対しては、一枚の試料に対して複数の鏡筒を配置することが可能になる。例えば、レンズ外径（直径）を 4 0 m m にしたとすると、図 2 に示されるように、X 方向に 4 個の鏡筒 2 を並べたものを Y 方向に 2 列、合計で 8 個の鏡筒 2 を一枚の試料に対して配置できる。そして、資料 S を保持しているステージ（図示せず）を Y 方向に連続移動させ、X 方向に各鏡筒で走査して評価を行えば、1 電子線のみを使用して評価する場合の 7 ないし 8 倍のスループットが得られる。

【 0 0 1 2 】

上記の電子線装置において、一次光学系 1 0 の電子銃 1 1 のカソード 1 1 1 から放出された一次電子線すなわちビームは、アノード 1 1 2 によって加速される。一次電子ビームによって作られる電子銃のクロスオーバー像は、コンデンサレンズ 1 2 及び対物レンズ 1 6 とで縮小されて 5 0 n m 程度の細いビームにして試料 S 上に走査して照射される。この一次電子ビームによる照射により試料から放出された二次電子は軸対称電極 1 9 に引かれて対物レンズ側に引かれるが、その軸対称電極 1 9 より二次電子を対物レンズ 1 6 側に通したり或いは試料側に戻したりすることにより試料パターンの電位コントラストを得ることができる。

対物レンズを通過した二次電子は E × B 分離器 1 5 により一次光学系 1 0 から分離されて二次電子光学系（以下単に二次光学系）2 0 に導入され、検出系 3 0 の検出器 3 1 によって検出される。検出器 3 1 は、検出した二次電子像をその強度を表す電気信号に変換する。こうして各検出器から出力された電気信号は対応

する増幅器 3 2 により増幅された後、画像形成部 3 3 入力され、この画像形成部で画像データに変換される。画像形成部 3 3 には、一次電子ビームを偏向させるための走査信号が更に供給されるので、画像形成部は試料 S の面を表す画像を表示する。この画像を基準パターンと比較することにより、試料 S の欠陥を検出することができる。なお、上記実施形態では単一の電子ビームを使用した例を示したが、複数のビームを使用すれば、スループットの向上という点で単数ビームより良い場合がある。

【 0 0 1 3 】

画像形成部 3 3 で変換された画像データは、調査及び決定装置 6 0 の表示装置 6 1 により画像として表示され、オペレータ 6 2 により画像を評価する。オペレータ 6 2 はこの実施形態ではチャージアップ調査機能を実行する。またオペレータ 6 2 は画像に基づいてチャージアップ状態を調査することができる。そして、その結果を CPU 6 3 に入力し、リターディング電圧を最適な値に設定する。CPU は、この実施形態では、リターディング電圧決定装置を構成する。

より具体的には、被評価試料のチャージアップの影響を受け易い場所すなわち図 3 [A] に示されるように、試料としてのウエハの表面に形成されたチップ 1 0 0 のメモリーセル 1 0 1 のコーナ部を評価した。すなわち、(1) コーナ部のメモリーセル境界 1 0 2 のパターン歪み量 1 0 3、1 0 4 を測定するか、或いは、(2) メモリーセルのコーナ部においてパターンを横切るように(矢印 A 1 及び A 2 で示すように) 走査した時に得た信号強度のコントラストを、図 3 [B] において実線 1 0 5 及び 1 0 7 で表示して、チップの中心部においてパターンを矢印 A 3、A 4 に走査したときに得た信号強度のコントラスト 1 0 6 及び 1 0 8 (いずれも図 3 [B] において破線図示) と比較してもよい。

【 0 0 1 4 】

リターディング電圧印加装置 5 0 に複数の値の電圧を与え、その都度、歪み量 1 0 3 及び 1 0 4 或いはコントラスト 1 0 5、1 0 7 及び 1 0 6、1 0 8 測定し、歪み量 1 0 3 及び 1 0 4 が小さい方がチャージアップの影響は小さいと評価した。また、コーナ部でのコントラストの値 1 0 5、1 0 7 が中心部でのコントラストの値に近い方がチャージアップの影響が小さいと評価した。

チャージアップの状態の良好なりターディング電圧が見出されたら、その値を CPU 6 3 を介して印加装置 5 0 に与え、或いは最適なビーム電流の値が見出されたらそれらの値で試料すなわちウエハの評価を行うようにした。

【 0 0 1 5 】

次に図 4 及び図 5 を参照して本発明による半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

図 4 は、本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の製造工程は以下の主工程を含んでいる。

- (1) ウエハを製造するウエハ製造工程（又はウエハを準備するウエハ準備工程）
- (2) 露光に使用するマスクを製造するマスク製造工程（又はマスクを準備するマスク準備工程）
- (3) ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセッシング工程
- (4) ウエハ上に形成されたチップを 1 個ずつ切り出し、動作可能にならしめるチップ組立工程
- (5) できたチップを検査するチップ検査工程

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【 0 0 1 6 】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが (3) のウエハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリや MPU として動作するチップを多数形成する。このウエハプロセッシング工程は以下の各工程を含んでいる。

- (A) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程（CVD やスパッタリング等を用いる）
- (B) この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程
- (C) 薄膜層やウエハ基板等を選択的に加工するためにマスク（レチクル）を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィー工程
- (D) レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程（例えばドライエッチング技術を用いる）

(E) イオン・不純物注入拡散工程

(F) レジスト剥離工程

(G) 加工されたウエハを検査する工程

なお、ウエハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0017】

図5は、図4のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

(a) 前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程

(b) レジストを露光する工程

(c) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程

(d) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程

上記の半導体デバイス製造工程、ウエハプロセッシング工程、リソグラフィー工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

上記(G)の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能と成る。

【0018】

【発明の効果】

本発明によれば、次のような効果を奏することが可能である。

(イ) スループットが光学系の数に比例した倍数に向上できる。

(ロ) チャージアップ状態が最も少ない状態でウエハの評価が行われるので、信頼性の高い評価ができる。

(ハ) チャージアップ性能を、各種の電流を測定して行うのではなく、実際の画像で評価しているので、より正しい評価結果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の電子線装置の光学系の一実施形態の模式図である。

【図 2】

図 1 の電子線装置の鏡筒の配列状態を説明する図である。

【図 3】

チャージアップの評価場所と評価方法を説明する図である。

【図 4】

本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。

【図 5】

図 4 のウエハプロセス工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1、 電子線装置

10 一次光学系

11 電子銃

12 コンデンサレンズ

15 E×B分離器

16 対物レンズ

20 二次光学系

30 検出系

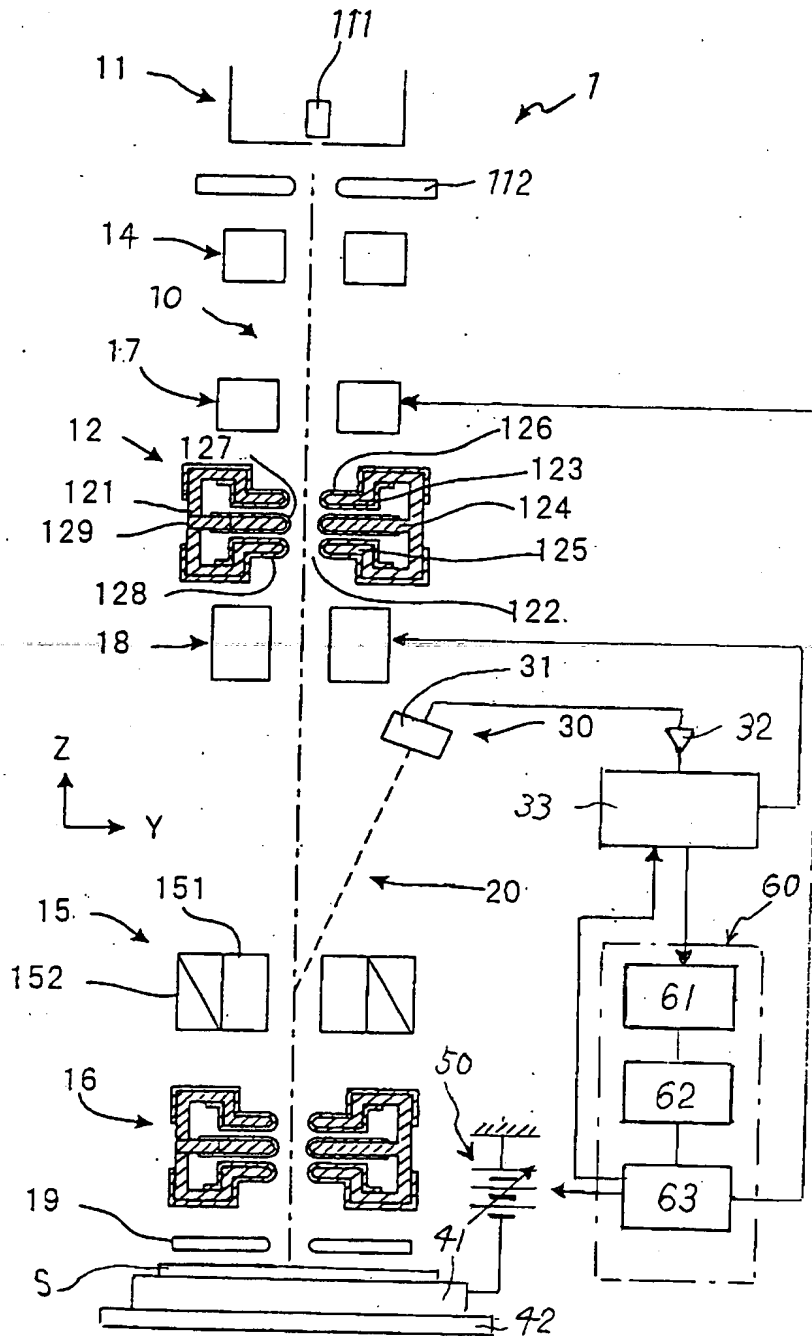
31 検出器

50 リターディング電圧印加装置

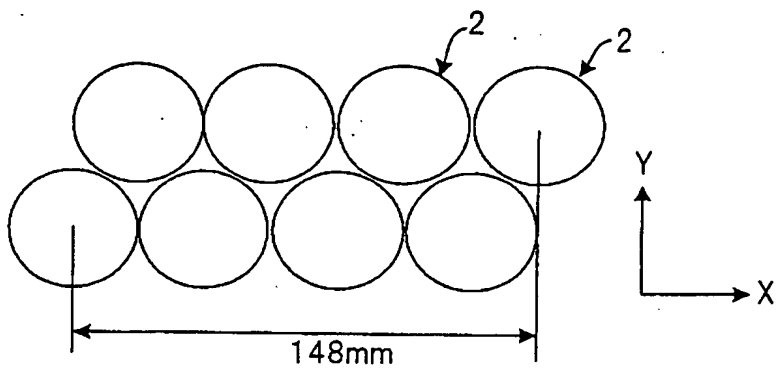
60 チャージアップ調査及びリターディング電圧決定システム

【書類名】 図面

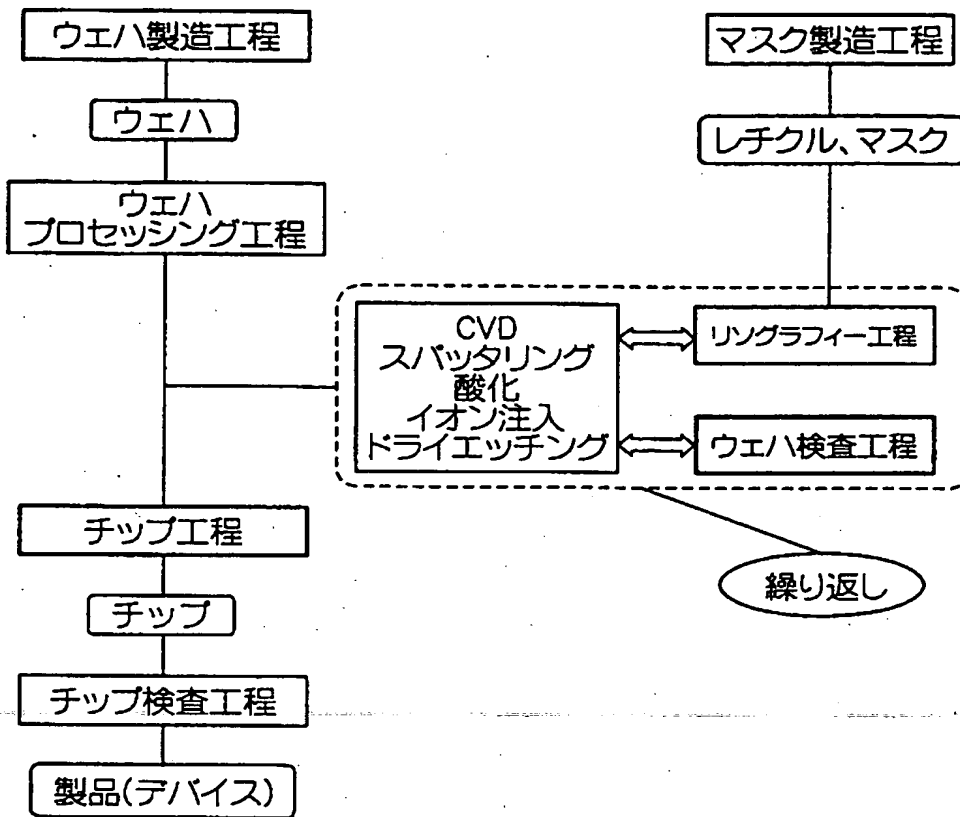
【図 1】



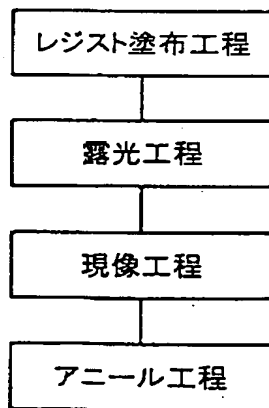
【図 2】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】 この発明は、一次電子線を発生し、集束して試料上に走査させて照射させ、前記試料の電子線照射部分から放出された二次電子を検出器で検出する光学系を複数個備えた電子線装置 1 である。電子線装置は、前記試料にリターディング電圧を印加するためのリターディング電圧印加装置と、前記試料に依存して最適なリターディング電圧を前記試料に印加する機能 5 0 と、を備え、前記光学系は、一体の絶縁物を加工し、表面に金属コーティングして軸対称レンズとした少なくとも一つの軸対称レンズ 1 2 又は 1 3 を備える。

【選択図】 図 1

特2001-115013

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区羽田旭町11番1号
氏 名	株式会社荏原製作所